

III НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА
МЕТАЛЛОВ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОСВОЕНИЕ, ВОСПРОИЗВОДСТВО, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Москва, ФГБУ «ВИМС», 21–22 ноября 2023



РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА МАГНИТОВ И МАГНИТНЫХ СИСТЕМ В РФ

Потребность в отечественных шихтовых материалах

Шумкин Сергей Сергеевич
Начальник научно-производственного
комплекса № 10
АО «НПП «Исток» им. Шокина», к.т.н.

Москва, ФГБУ «ВИМС», 21–22 ноября 2023 года

Магниты и магнитные системы на их основе

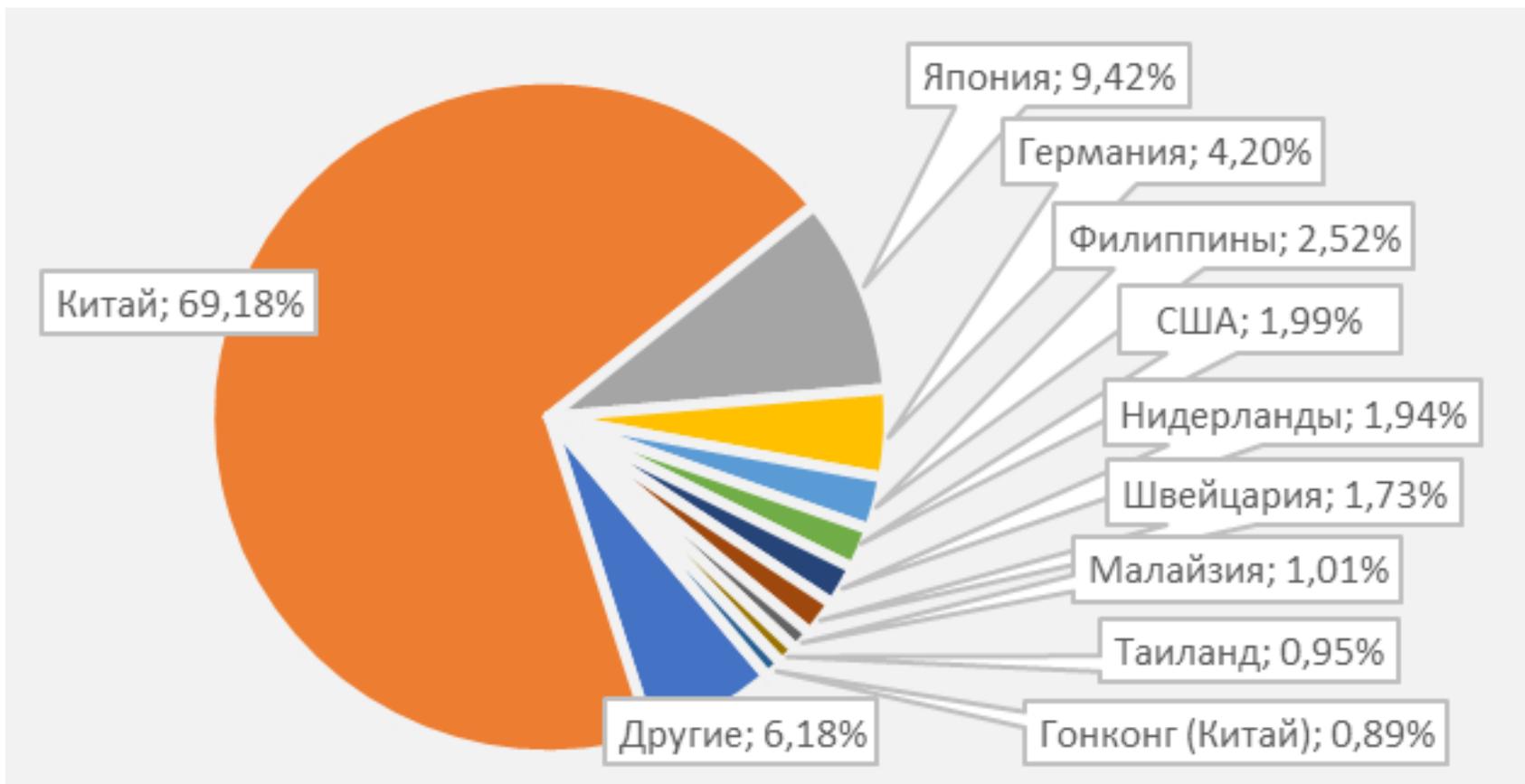
Области применения

Магниты в составе магнитных систем:

- электровакуумные приборы СВЧ;
- **электродвигатели и электротехнические изделия;**
- рельсовые и внутритрубные дефектоскопы;
- системы фильтрации, сепарации и обработки жидкостей;
- муфты передачи крутящего момента;
- акустические преобразователи;
- медицинская техника;
- системы фиксации и позиционирования и пр.



Мировой рынок постоянных магнитов. Тренды и драйверы роста



Продажи на мировом рынке постоянных магнитов по итогу 2022 года

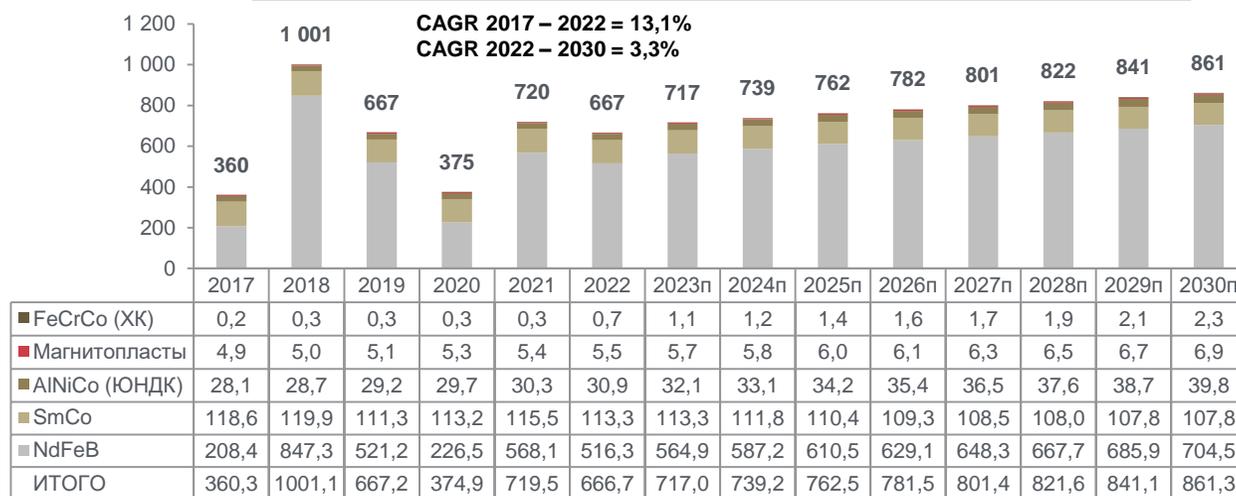
- КНР – лидер рынка РЗМ, постоянных магнитов и конечной продукции
- Основной тренд развития рынка – увеличения объема производства продукции электронной промышленности: электродвигатели, генераторы и т.д.
- Новые глобальные области применения – интеллектуальные системы в автомобилестроении и бытовой технике

Рынок постоянных магнитов в РФ.

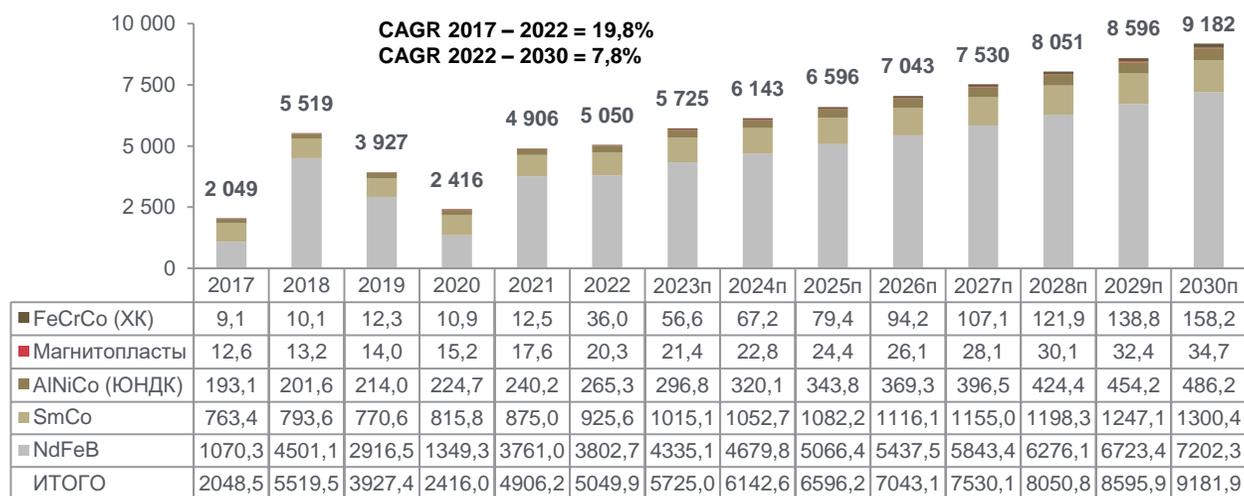


Текущее состояние и перспективы

Российский рынок постоянных магнитов*, тонн



Российский рынок постоянных магнитов*, млн руб.



- В 2022 г. объем рынка составил около 667 тонн (5 050 млн руб.)
- В 2017-2022 гг рынок вырос на 306 тонн (3 001 млн руб.), при этом, CAGR составил 13,1% в натуральном выражении и 19,8% в стоимостном выражении
- Основными сегментами являются NdFeB и SmCo магниты, доли которых в натуральном выражении в 2022 г. составили 77,4% и 17,0% соответственно, а в стоимостном 75,3% и 18,3%
- Сегмент NdFeB в 2017-2022 гг вырос до 516 тонн (3 803 млн руб.) при CAGR 19,9% в натуральном выражении и 28,9% в стоимостном
- Сегмент SmCo в 2017-2022 гг снизился до 113 тонн при CAGR -0,9% в натуральном выражении и вырос в стоимостном до 926 млн руб. CAGR 3,9%, что обусловлено снижением нефтедобычи в РФ в этот период
- Максимальное значение было достигнуто в 2018 г., а минимальное в 2020 г., что связано с сегментом NdFeB, который коррелирует с вводом в эксплуатацию мощностей ветрогенерации АО «НоваВинд» с временным сдвигом в 2 года
- До 2030 г. рынок увеличится до 861 тонны (9 182 млн руб.) при GAGR 3,3% в натуральном выражении и 7,8% в стоимостном
- Рост рынка в целом будет определяться сегментом NdFeB магнитов ввиду его государственной поддержки (программа ДПМ ВИЭ)

Прим.: * - не учтены ферритовые магниты

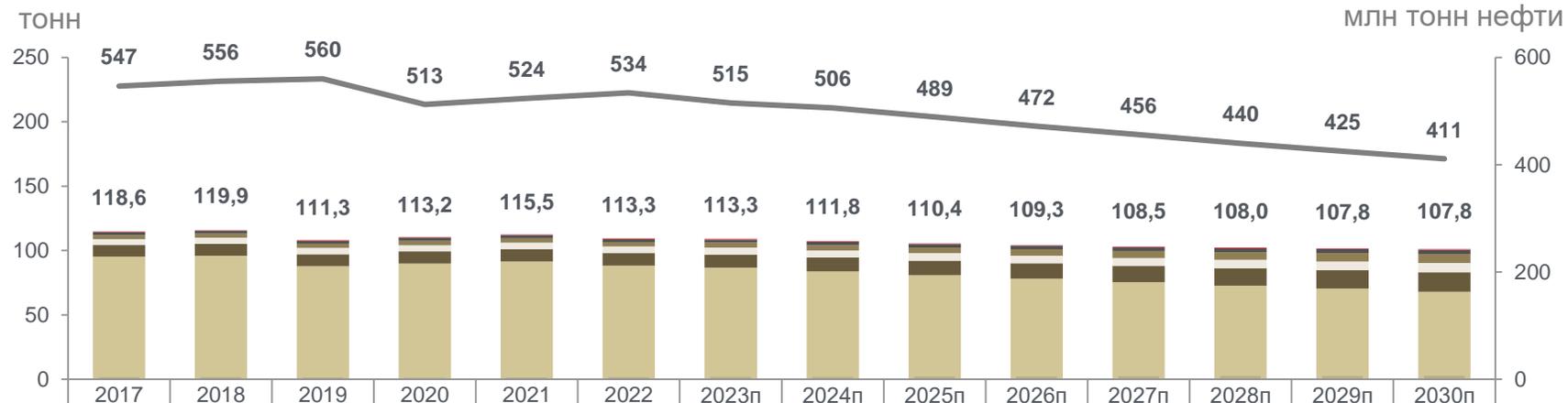
Источник: ФТС, аналитика АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Рынок постоянных магнитов Sm-Co в РФ.

Текущее состояние и перспективы



Рынок SmCo магнитов по применению в отраслевых сегментах и корреляция сегмента «Нефтедобыча» с прогнозом нефтедобычи в РФ, тонн



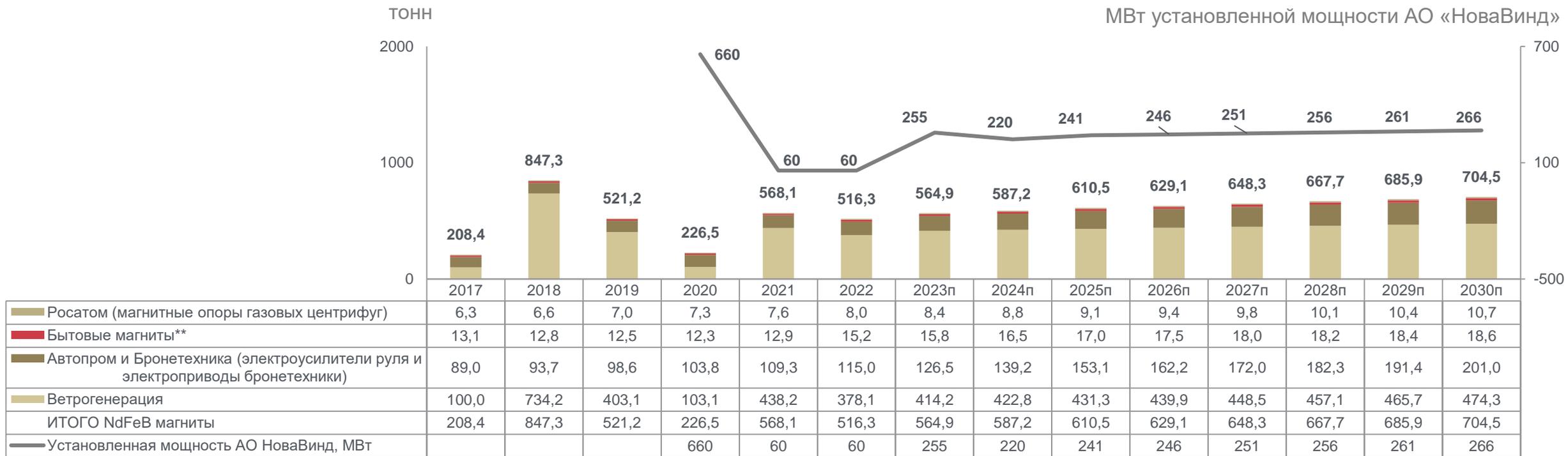
Роскосмос	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
Автопром (генераторы, эл. двигатели)	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
Авиапром	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,3	5,9	6,5	7,1
Химпром (магниты для центрифуг, насосов, муфт)	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,5	6,8	7,1
Судостроение	9,1	9,2	9,4	9,5	9,7	9,8	10,3	10,8	11,3	11,9	12,6	13,4	14,2	15,0
Нефтедобыча (погружные насосы)	95,2	96,0	87,8	89,8	91,5	88,2	86,7	83,8	80,9	78,1	75,4	72,8	70,4	68,1
СВЧ-электроника	3,8	4,0	3,2	2,8	3,1	3,9	4,3	4,5	4,8	5,1	5,5	5,8	6,2	6,6
ИТОГО SmCo магниты	118,6	119,9	111,3	113,2	115,5	113,3	113,3	111,8	110,4	109,3	108,5	108,0	107,8	107,8
Прогноз добычи нефти, млн. тонн в год (источник: Kasatkin Consulting)	547	556	560	513	524	534	515	506	489	472	456	440	425	411

- Сегмент SmCo магнитов в 2017-2022 г. был низковолатильным и в 2022 г. составил около 113 тонн (CAGR -0,9%); Доля импорта составила около 96%, доля собственного производства – 4%
- Объем сегмента Нефтедобыча – погружные насосы составил 78% (около 88 тонн) и определяется потребностями 4-х ведущих нефтесервисных компаний в РФ: ООО «Лукойл ЭПУ Сервис» (в настоящее время ООО «Юганск ЭПУ Сервис»), ООО «ПК «Борец», АО «Новомет», компания «Шлюмберге» (не планирует уходить с рынка РФ в связи с СВО)
 - Объем потребления SmCo магнитов этими компаниями за последние 6 лет коррелирует с объемом добычи сырой нефти; таким образом, прогноз развития основной части рынка SmCo магнитов строится на отраслевых прогнозах развития нефтяной отрасли, опубликованных в 2023 г., с учетом введенных санкций (полное введенное эмбарго со стороны США и ЕС);
- В 2030 г. объем сегмента SmCo магнитов составит около 108 тонн (CAGR 2022-2030 -0,6%), при этом, доля собственного производства вырастет до 70 тонн

Рынок постоянных магнитов Nd-Fe-B в РФ.

Текущее состояние и перспективы

Корреляция рынка NdFeB магнитов с вводом мощностей ВЭУ АО «НоваяВинд» в РФ (по применению в отраслевых сегментах)



- Сегмент NdFeB магнитов в 2017-2022 г. был высоковолатильным и в 2022 г. составил около 516 тонн (CAGR 19,9%); Доля импорта составляет более 99%, доля собственного производства – менее 0,2%
- В 2022 г. объем сегмента Ветрогенерации составил около 380 тонн (73% рынка) определяется вводом в эксплуатацию ВЭУ АО «НоваяВинд» (с временной задержкой 2 года), таким образом, прогноз развития основной части сегмента NdFeB магнитов строится на данных о вводе в эксплуатацию мощностей ВЭУ «АО НоваяВинд»
- В 2030 г. объем сегмента NdFeB магнитов может составить около 705 тонн (CAGR 2022-2030 около 4%), при этом, доля собственного производства будет составлять от 5 до 57% (30-700 тонн).

Прим.: ** - магниты для сувенирной продукции и фурнитуры стоимостью менее 5 руб./шт. на условиях FOB (Китай)

АО «НПП «Исток» им. Шокина»

История. Текущее положение на рынке

**1943
год**

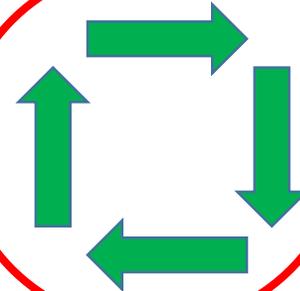
Научно-производственное предприятие "Исток" основано в 1943 году и расположено в городе Фрязино Московской области

>30%

Более 30% всей номенклатуры изделий СВЧ-электроники, выпускаемой в России, что определяет его главную роль в отрасли

**СВЧ
технологии**

Основное направление деятельности - новые разработки и серийное производство современных и перспективных изделий СВЧ-электроники для всех видов связи и радиолокации



Замкнутые технологические циклы разработки и производства СВЧ-транзисторов, монолитных интегральных схем, модулей СВЧ любой функциональной сложности, электровакуумных СВЧ-приборов и комплексированных СВЧ-устройств на их основе, радиоэлектронной аппаратуры и ее составных частей

62 га

Площадь территории Общества занимает 62 га

**8000
человек**

Более 8 000 человек составляют сплоченный коллектив предприятия

НПК-10

История. Преимущество АО «Спецмагнит»

Историческая справка:

- Распоряжением Совета Министров РСФСР №5535-РС от 30.12.1963 г. создано специальное конструкторское бюро постоянных магнитов (СКБ ПМ) путем выделения из состава Владыкинского механического завода (ВМЗ); **Цель создания предприятия** – обеспечение потребностей электронной, радиоэлектронной и других отраслей промышленности РФ современными магнитотвердыми материалами и изделиями на их основе;
- Приказами МЭП СССР в 1966 г. предприятию присвоено наименование конструкторское бюро специальных магнитов (КБСМ), в 1973 г. организован завод при конструкторском бюро специальных магнитов (Завод при КБСМ);
- Приказом МЭП в 1992 г. КБСМ и завод при КБСМ были преобразованы в Государственное предприятие «Спецмагнит», затем в ФГУП «Спецмагнит»;
- С 2012 г. изменена организационно-правовая структура в ОАО «Спецмагнит», а с 2015 г. – в АО «Спецмагнит».



Наши компетенции (АО «НПП «Исток» им. Шокина»)

- Единственный в РФ разработчик и производитель всех типов металлических постоянных магнитов и магнитных систем на их основе;
- Единственное предприятие с заключением по 719ПП в рамках локализации производства постоянных магнитов на 1000 баллов;
- Разработчик всех ГОСТ на магнитотвердые материалы – ГОСТ 17809-72, ГОСТ 24897-81, ГОСТ 21559-76, ГОСТ Р 52956-2008;
- Уникальная лаборатория по магнитным измерениям, климатическим испытаниям магнитов и услугам по метрологическому сопровождению;
- Реализация уникальных инвестиционных проектов «Магниты NdFeB», «Магниты SmCo», «Исток-Спецмагнит» и «Развитие Исток-Спецмагнит» с объемом финансирования более 5 млрд руб. (в т.ч. с привлечением бюджетного финансирования);
- Новые научные направления, уникальные исследования и разработки.

Магнитотвердые материалы



Материал	B_r , Тл	H_{ci} , кА/м	$(BH)_{max}$, кДж/м ³	T_{max} , °С	ТКИ, %/°С	T_c , °С	ρ , г/см ³	Твердость, HRC
Mn-Al	0,52-0,62	159-207	40-56	-	0,12	300	5,1	50-55
Co-Pt	0,65-0,75	238-358	72-88	-	0,04	500	15,0	-
Ba(Fe ₂ O ₃)	0,20-0,42	160-230	7,5-32	250	0,20	450	4,8-5,0	45-55
Sr(Fe ₂ O ₃)	0,38-0,40	220-230	28-30	250	0,20	450	4,8	45-55
Fe-Cr-Co	0,8-1,38	24-55	7-42	450	0,02	650	7,7	36-45
Al-Ni-Co (Cu, Fe)	0,75-1,40	44-132	36-96	550	0,01-0,02	900-920	7,3-7,4	43-60
Sm-Co	0,86-0,92	750-2000	140-166	250	0,04	720	8,4-8,5	45-70
Sm-Co-Fe-Cu-Zr	0,90-1,14	650-1750	150-240	300	0,03	825	8,2-8,4	50-75
Nd-Fe-B	1,08-1,30	1050-2150	230-335	110-200	0,06	310-490	7,4-7,5	40-55
Sm-Fe-N	≤0,8	≤630	-	-	0,02	470	8,0-8,4	-

T_{max} – максимальная рабочая температура
 T_c – температура Кюри

Производство литых магнитов и МС на их основе

Сплавы системы Al-Ni-Co-Cu-Fe и Fe-Cr-Co



- Сплав Al-Ni-Co: Для РФ – требования в ГОСТ 17809-72 «Материалы магнитотвердые литые. Марки».
- Сплав Fe-Cr-Co : Для РФ – требования в ГОСТ 24897-81 «Материалы магнитотвердые деформируемые. Марки».

Магнитные свойства:

Магниты Al-Ni-Co

Br : 0,43 – 1,40 Тл
Hcb: ≥ 40 кА/м
(BH)max: 7,2 – 88 кДж/м³

Магниты Fe-Cr-Co

Br: 1,00 – 1,45 Тл
Hcb: ≥ 40 кА/м
(BH)max: 30 – 48 кДж/м³



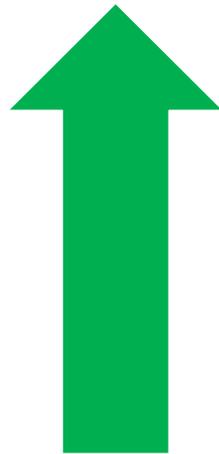
до 2022

10 тонн в год



2022-2023

25 тонн в год



2024-2026

50 тонн в год



Производство порошковых ПМ и МС на их основе

Сплавы системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr и Nd-Fe-B



- Сплав Sm-Co-Fe-Cu-Zr: Для РФ – требования в ГОСТ 21559-76 «Материалы магнитотвердые спеченные. Марки».
- Сплав Nd-Fe-B: Для РФ – требования в ГОСТ Р 52956-2008 «Материалы магнитотвердые спеченные на основе сплава неодим-железо-бор. Классификация. Основные параметры».

Магнитные свойства:

Магниты Sm-Co-Fe-Cu-Zr

B_r: 0,70 – 1,12 Тл
H_{сb}: ≥ 500 кА/м
H_{сi}: ≥ 700 кА/м
(BH)_{max}: 150 – 240 кДж/м³

Магниты Nd-Fe-B

B_r: 0,94 – 1,42 Тл
H_{сb}: ≥ 650 кА/м
H_{сi}: ≥ 800 кА/м
(BH)_{max}: 150 – 400 кДж/м³



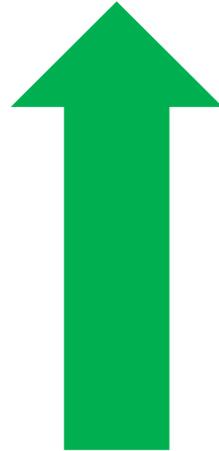
до 2022

2 тонны в год



2022-2023

6 тонн в год



2024-2026

470 тонн в год



Производство порошковых магнитов. Проект «Магниты SmCo»



Импортозамещение гражданской продукции в объеме 60 т/год (1,9 млн шт./год) металлических постоянных магнитов из сплава КС25ДЦ240 по ГОСТ 21559-76 для погружных нефтяных насосов

Потребности в сырье с 2024 года:

- Самарий SmM-1 ТУ 48-4-207-72 (не менее 25 тонн)
- Кобальт К1Ау или К0 ГОСТ 123-2018 (не менее 50 тонн)
- Медь М1 ГОСТ 859-2014 (не менее 6 тонн)
- Цирконий иодидный ТУ 95-46-97 (не менее 3 тонн)
- Сталь сортовая электротехническая 10880 ГОСТ 11036-75 (не менее 17 тонн).



Вентильный двигатель (СДПМ)
Мощность одной секции 10 кВт



Срок реализации проекта:

Первый этап: 2020-2023

Второй этап: 2024

НПК-10

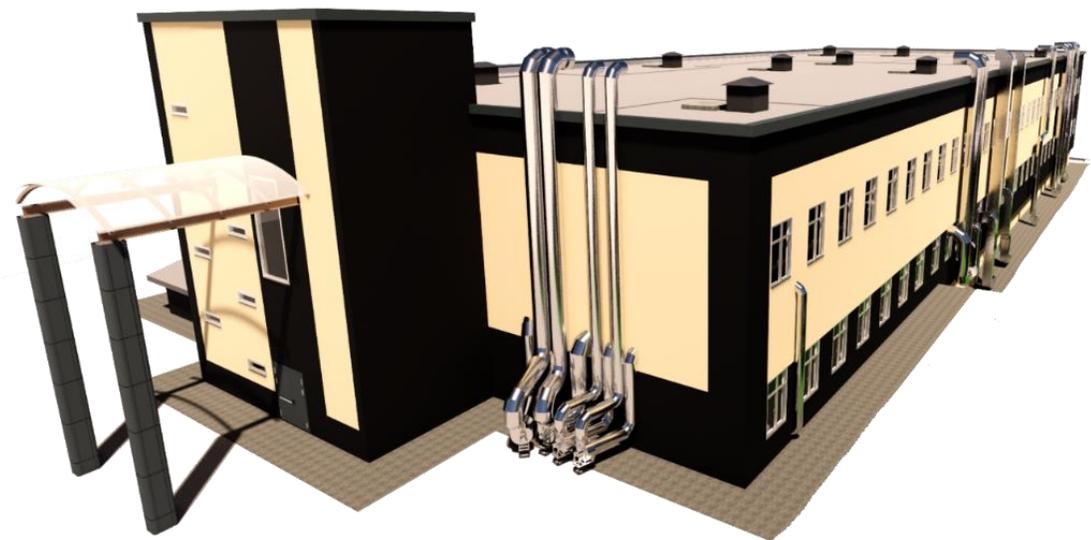
Производство порошковых магнитов. Проекты «Магниты NdFeB»



Импортозамещение поставок по ГОЗ и гражданской продукции в объеме 400 т/год (4,88 млн шт./год) металлических постоянных магнитов из сплавов НмБ по ГОСТ Р 52956-2008 для ветрогенераторов и комплектующих образцов ВВСТ

Потребности в сырье с 2025 года:

- Медь М1 ГОСТ 859-2014 (не менее 5 тонн)
- Сталь сортовая электротехническая 10880 ГОСТ 11036-75 (не менее 330 тонн)
- Неодим металлический НМ-2 ТУ 48-4-205-72 (не менее 165 тонн)
- Диспрозий металлический ДиМ-1 ТУ 48-4-214-72 (не менее 2 тонн)



Срок реализации проекта: 2020-2025

Технология производства порошковых магнитов

Сплавы системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr и Nd-Fe-B



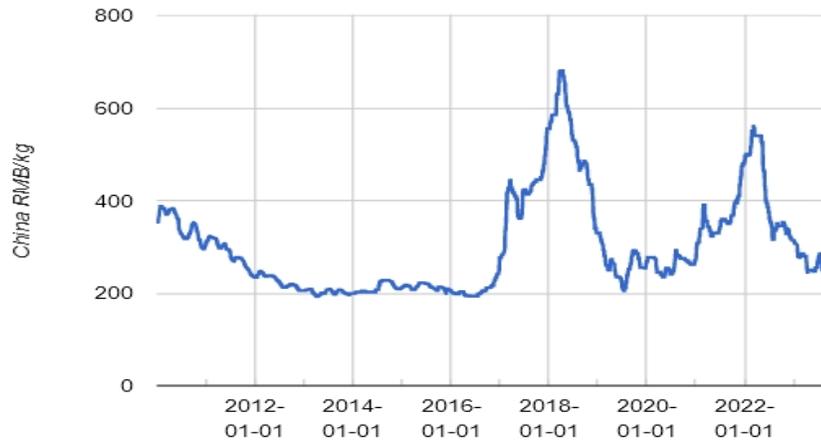
Особенности материалов и технологии

- Чувствительность к чистоте РЗМ
- Для достижения максимальных свойств требуется бескислородная технология

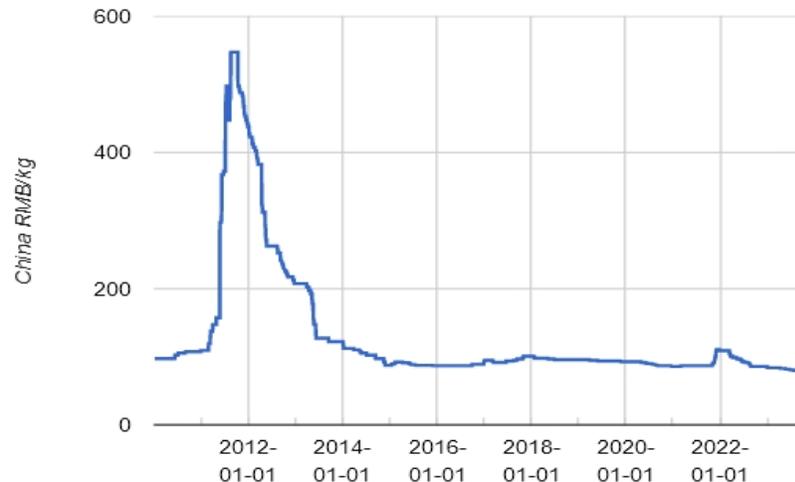


Упрощенные схемы производства постоянных магнитов из МТМ на основе сплавов РЗМ
(а – сплавы системы Sm-Co, б – сплавы системы Nd-Fe-B)

Изменение цены на Со в Китае (RMB/кг.)



Изменение цены на Sm в Китае (RMB/кг.)



Основным сырьем для SmCo магнитов являются: Со (кобальт) 50%, Sm (самарий) около 25%

■ Со (кобальт)

- На конец августа 2023 г. цена в КНР составляла 240 RMB/кг. или 33,6 долл./кг. (курс 1 RMB=0,14 долл. США)
- В марте 2018 г. и в апреле 2022 г. цена достигала максимальных значений 92,8 и 82,2 долл./кг. соответственно
- По оценке tradingeconomics.com к августу 2024 г. цена может составить около 30,6 долл./кг.
- ПАО ГМК «Норникель» готов поставлять кобальт в необходимых количествах

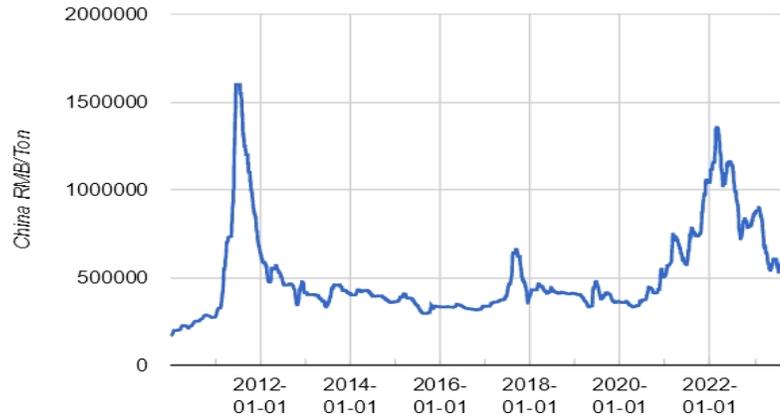
Справочное: прогнозная цена на Кобальт марки K1Au или K0 ГОСТ 123-2018 (при единовременной закупке 30 тонн) составляет 3 600.0 руб./кг. или 36 долл./кг.

■ Sm (самарий)

- В середине августа 2023 г. цена в КНР составляла 80 RMB/кг. или 11,2 долл./кг. (курс 1 RMB=0,14 долл. США)
- В 2011 г. (глобальный кризис РЗМ) цена достигла максимума и составляла 70-80 долл./кг.
- В 2024 г., вероятно, цена может составить 10-12 долл./кг.
- РФ имеет перспективы производства (ПАО «Акрон» текущая мощность 100 тонн/год, проектная – 200 тонн/год; другие: ПАО «ФосАгро», ОАО СМЗ, ОАО ГМЗ «Лермонтов», ГК «Скайград»)
- Основная проблема: переработка оксидов РЗМ в металлы; решение проблемы без рынка в РФ не произойдет

Справочное: прогнозная цена на Самарий марки SmM-1 ТУ 48-4-207-72 (при единовременной закупке 30 тонн) составляет 3 200.0 руб./кг. или 32 долл./кг.

Изменение цены на PrNd в Китае (RMB/кг.)



Изменение цены на Nd в Китае (CNY/тонна)



Основным сырьем для NdFeB магнитов являются: Nd (неодим) 28%, Pr (празеодим) 6%

■ PrNd (дидим)

- На конец августа 2023 г. цена в КНР составляла 612,5 RMB/кг. или 85,75 долл./кг. (курс 1 RMB=0,14 долл. США)
- В 2011 г. (глобальный кризис РЗМ) и конце февраля 2022 г. цена достигла максимума и составляла 220 и 187 долл./кг. соответственно
- В 2024 г., цена вероятно, может составлять 80-85 долл./кг.

■ Nd (неодим)

- На 02.09.2023 г. цена составила 615,0 китайский юань/кг. (84,6 долл./кг.)
- В феврале 2022 г. цена достигла максимального значения 1 509,1 китайский юань/тонн
- По оценке tradingeconomics.com к августу 2024 г. цена может составить около 580,3 китайский юань/кг. (77,4 долл./кг.)

Исследования и разработки

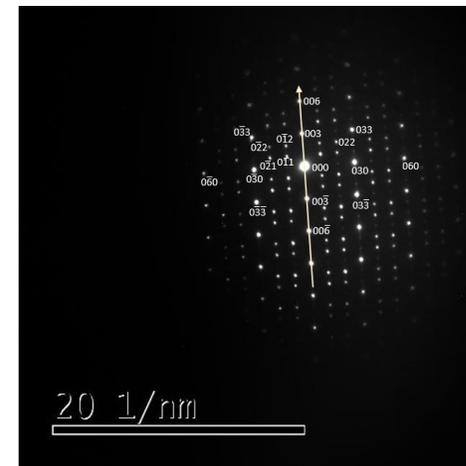
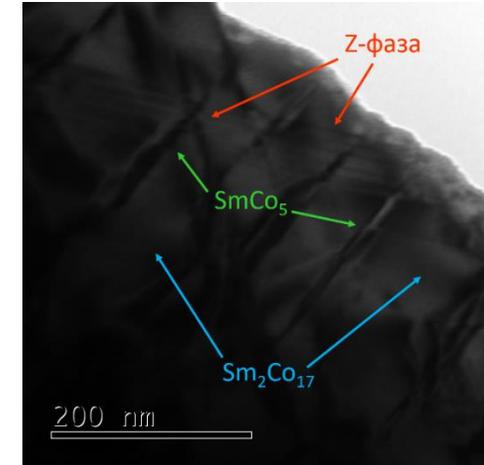
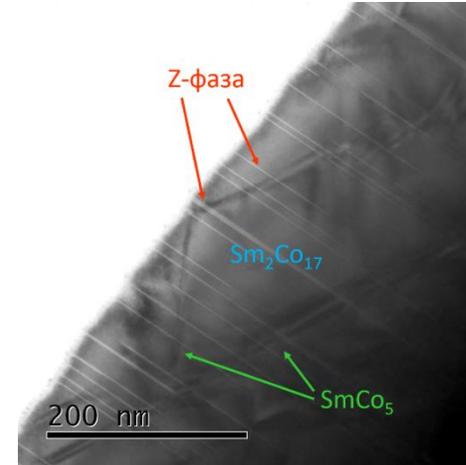
Оптимизация технологии. Рециклинг

Использование лома и возвратных отходов:

- Сплавы Al-Ni-Co-Cu-Fe – до 95% возвратных отходов и до 90% лома;
- Сплавы Fe-Cr-Co – до 95% возвратных отходов и до 90% лома;
- Сплавы Sm-Co-Fe-Cu-Zr – до 99% возвратных отходов и до 90% лома;
- Сплавы Nd-Fe-B – до 99% возвратных отходов и до 90% лома *

Переработка лома магнитов из HDD-дисков:

- Отсутствие сертифицированного поставщика лигатуры РЗМ.



- 1. Политика КНР по ценовому демпингу РЗМ-содержащей продукции.** Искусственное завышение экспортных цен, приводящее к снижению рентабельности отечественного производства. **Субсидирование закупочных цен или введение заградительных пошлин.**
- 2. Обязательная сертификация РЗМ и постоянных магнитов.** Отсутствие гарантий качества ввозимых в РФ сырья и полуфабрикатов. **Требуется разработка технического регламента Таможенного союза.**
- 3. Гарантированный рынок сбыта постоянных магнитов в РФ.** Зависимость рынка от объемов добычи нефти и конструктива ветроэнергетической установки. **Решение Правительства РФ о локализации электротехнической продукции в РФ.**
- 4. Отсутствие отечественных РЗМ (Sm, Nd, Pr, Tb, Dy).** Плановая убыточность переработчиков РЗМ, ввиду отсутствия предсказуемого рынка сбыта. **Освоение собственных месторождений РЗМ под нужды производителей постоянных магнитов и продукции следующих переделов.**

Спасибо за внимание!